

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

**Макова Дарья Владимировна**

**Выпускная квалификационная работа бакалавра**

**Построение медицинских изображений**

Направление 010300

Фундаментальная информатика и информационные технологии

Научный руководитель,  
кандидат физ.-мат. наук,  
доцент  
Сергеев С. Л.

Санкт-Петербург

2016

# Оглавление

Введение.....	3
Постановка задачи.....	6
Обзор литературы.....	8
Глава 1. Основные способы получения медицинских изображений.....	9
1.1 Рентгенография.....	10
1.2 Компьютерная томография .....	12
1.3 Позитронно-эмиссионная томография.....	14
1.4 Магнитно-резонансная томография .....	16
1.5 Ультразвуковое исследование.....	18
Глава 2. Построение решения задачи.....	21
2.1 Физическая модель.....	21
2.2 Математическая модель.....	22
2.3 Частное приближенное решение.....	24
2.4 Общее приближенное решение.....	25
Глава 3. Программная реализация.....	27
3.1 Выбор среды разработки и языка программирования.....	27
3.2 Общий ход работы программы .....	29
3.3 Интерфейс программы .....	32
3.4 Некоторые результаты работы программы .....	37
Выводы .....	42
Заключение .....	43
Список литературы .....	44

## Введение

Человек получает информацию об окружающем мире через пять органов чувств: уши отвечают за слух, кожа – за тактильные ощущения, язык – за вкус, нос – за обоняние, а глаза – за зрение. По данным сайта Википедия [1], здоровый человек получает через зрение от 70% до более 90% информации, что делает зрение едва ли не основным источником наших знаний о мире. Но зрение человека имеет свои ограничения [2]. Например, обычный человек не может видеть инфракрасное и электромагнитное излучения: наш глаз улавливает только волны из определенного, довольно небольшого, интервала, называемые видимым излучением. Также человеческий глаз не способен разглядеть мельчайшие бактерии: у нас не слишком высокая острота зрения (это способность различать отдельные объекты, такие, как точка или линия). А еще человеческое зрение не дает нам возможности смотреть сквозь непрозрачные предметы, и это большая проблема для медицины, которая, к счастью, уже была решена.

Развитие новых технологий привело к созданию таких средств получения медицинских изображений, как компьютерная и магнитно-резонансная томография, рентген, ультразвуковые исследования и многие другие. Такие изображения содержат основную информацию о пациенте, но без квалифицированного специалиста, который мог бы, на основании своих знаний и опыта, поставить диагноз и назначить курс лечения, не являются достаточными. К тому же специализированное оборудование, позволяющее построить медицинские изображения одним из перечисленных способов, является весьма дорогостоящим и требует больших средств для эксплуатации. Поэтому далеко не все клиники могут позволить себе его установку и содержание, а те медицинские учреждения, которые могут, чаще всего требуют серьезных показаний для использования дорогостоящей техники, а

это исключает возможность постановки диагноза на ранних стадиях заболевания.

Одним из возможных решений данной проблемы является использование атласа стандартных анатомий. Полученный из атласа срез можно скорректировать в соответствии с реальным контуром тела пациента, и таким образом получить приблизительную картину среза тела пациента. Метод упругой пленки, используемый в данной работе, позволяет скорректировать полученный из атласа стандартных анатомий срез в соответствии с реальными данными пациента.

Целью данной работы является создание программного обеспечения, позволяющего построить изображение среза тела пациента с использованием атласа стандартных анатомий.

Таким образом, в данной работе решаются следующие задачи:

- Реализовать метод упругой пленки для преобразования среза из атласа стандартных анатомий.
- Построить интерфейс, позволяющий врачу загружать и корректировать входные данные.

Данная работа ориентирована на построение медицинских изображений – в частности, поперечных срезов тела пациента – с использованием наиболее дешевых средств. Это позволит врачам даже в самых удаленных от технологических центров клиниках более быстро, эффективно и своевременно диагностировать различные заболевания, что повысит шансы на их успешную терапию.

Несмотря на то, что работа ориентирована на обслуживание медицинских учреждений, ее применение не ограничивается только медицинскими нуждами. Реализацию метода упругой пленки можно применять и в других областях, таких как: обработка изображений, вписывание различных фигур в контуры, упругое растяжение и сжатие. Таким

образом, работа актуальна не только в сфере медицины, но методы, использованные здесь, так же могут найти применение в различных областях компьютерной и веб графики.

## Постановка задачи

Целью данной работы является создание программного обеспечения, которое позволяет по реальному контуру тела пациента преобразовать срез из атласа стандартных анатомий для получения приблизительной картины реального среза тела пациента.

Рассмотрим входные данные, требующиеся для начала работы программы:

### 1. Реальный контур тела пациента.

Внешний контур поперечного сечения тела пациента фиксируется врачом на интересующей высоте и заносится в память компьютера. В дальнейшем именно по этому контуру будет строиться приближенный срез тела пациента. Срез из атласа стандартных анатомий в данном случае выступает в роли упругой пленки, которую «натягивают» на каркас – контур тела пациента.

### 2. Атлас стандартных анатомий.

Атлас стандартных анатомий (или атлас стандартных срезов) представляет собой базу данных, в которой содержатся изображения поперечных срезов «стандартного» человека, то есть человека среднего роста, веса и других параметров. Срезы сделаны через достаточно малые промежутки и привязаны к относительной высоте – рост человека принимается за 1000. Все контуры хранятся в виде набора точек, расположенных на контуре. Внутри внешнего контура содержатся контуры срезов внутренних органов.

Внешний контур тела пациента не совпадает с контуром среза из атласа стандартных анатомий. Для того, чтобы они совпали, нужно каким-то образом преобразовать стандартный срез, при этом контуры внутренних органов тоже

должны деформироваться. С этой целью в данной работе используется метод упругой пленки. Предполагается, что контуры внутренних органов будут деформироваться в соответствии с внешним контуром.

На выходе программа должна выдавать готовое изображение: изображение стандартного среза, скорректированное в соответствии с внешним контуром пациента.

В качестве среды разработки предполагается использовать Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate. Используемый язык программирования – C#. Такой выбор инструментов реализации обусловлен тем, что программа должна работать под большинством современных операционных систем.

Таким образом, результатом данной работы должна стать программа, которая:

- В качестве входных данных получает точки реального контура среза тела пациента.
- Предоставляет врачу инструменты для корректировки контура в соответствии с объемом жировой ткани пациента.
- Преобразует срез из атласа стандартных анатомий в соответствии с реальным контуром по методу упругой пленки.
- В качестве выходных данных предоставляет готовое изображение: преобразованный срез из атласа стандартных анатомий.

## Обзор литературы

Теоретические материалы для студентов медицинских вузов «Обработка биосигналов. Визуализация медико-биологических данных», подготовленные группой авторов (Овсянникова Н. М., Григорьев П. Е., Соколова Т. А., Ческая Т. Ю., Щеголева М. Г., Ислямов Р. И.) [3] излагают базовые понятия медицинской информатики. В материалах содержится основная информация о способах получения и обработки медицинских изображений, а так же проблемах, связанных с этим.

Статья в онлайн-журнале Femineo (<http://femineo.ru>) «Медицинские способы «заглянуть внутрь человека» [5] содержит информацию об основных способах получения медицинских изображений, таких как рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография и другие.

В статье С. Л. Сергеева и С. Ю. Севрюкова «Использование метода упругой пленки в программном комплексе построения среза тела пациента» [6] излагается суть метода упругой пленки, использованного в данной работе. Также приводятся основные теоретические сведения и предлагается алгоритм построения среза тела пациента.



# **Глава 1. Основные способы получения медицинских изображений**

В теоретических материалах [3] содержатся базовые определения медицинской информатики, использованные ниже.

Одним из главных направлений использования компьютера в медицинских целях является работа с изображениями. Изучением такого направления занимается медицинская информатика, а точнее ее отдел – медицинские изображения.

Медицинские изображения – это важнейшие источники информации о внутренних органах и структурах. Методы получения медицинских изображений делятся на радиологические и нерадиологические.

Радиологические методы предназначены для того, чтобы врач мог увидеть обычно невидимые, скрытые от глаз органы и структуры. Получить такие изображения органов и тканей можно с помощью излучения, как правило, электромагнитного. Медицинские изображения, полученные таким образом, составляют подавляющее большинство используемых изображений.

К нерадиологическим методам относятся снятые на видео участки тканей и органов – например, эндоскопия - или сфотографированные – микроскопические изображения в различных областях медицины, таких как дерматология или гистология (строение тканей). Такие изображения так же могут быть оцифрованы и использованы в дальнейшем.

К изображениям, которыми врачи пользуются для диагностики и лечения, относятся: рентгенограммы, изображения, полученные путем ультразвукового исследования, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, позитронно-эмиссионная томография и многие другие.

Но, несмотря на то, что сегодня технологии позволяют хранить и создавать цифровые изображения, подавляющее большинство медицинских изображений до сих пор хранится в виде рентгенограмм. Это происходит из-за того, что медицинские изображения требуют для своего хранения огромные объемы памяти: иногда даже более одного гигабайта. В работе Винсента Бретона «Healthgrid Белая книга» [4] говорится, что «общий объем цифровых изображений, получаемых в Европе, превосходит 1000 петабайт в год».

Помимо прочего, при работе с цифровыми медицинскими изображениями возникала другая проблема: каждая организация и фирма, производящая медицинское оборудование, использовала свой формат данных, что затрудняло обмен данными между медицинскими организациями. В качестве решения этой проблемы был принят стандарт DICOM - Digital Image and Communication in Medicine.

Существует несколько методов получения медицинских изображений, различных по области применения и виду конечного изображения. В статье онлайн-журнала [5] приводится подробное описание большинства из них. Среди них подробнее будут описаны ниже следующие, уже упомянутые ранее:

- рентген;
- компьютерная томография (КТ);
- позитрон-эмиссионная томография (ПЭТ);
- магнитно-резонансная томография (МРТ);
- ультразвуковое исследование (УЗИ);

## **1.1 Рентгенография**

**Принцип действия.** В рентгенографии для сканирования тела пациента используются лучи, которые называются рентгеновскими. Их длина короче, чем длина волны в видимом спектре, поэтому они могут легко проходить сквозь ткани человеческого тела. Такие плотные ткани, как кости, поглощают

рентгеновские лучи, поэтому на рентгенограмме остаются светлые участки. А мягкие ткани, пропускающие часть лучей, наоборот оставляют на рентгенограмме темные пятна (рисунок 1.1). Иногда, когда важно различить ткани одинаковой плотности – например, для проверки работы кровеносной системы – в ткань вводится вещество, реагирующее на рентгеновские лучи. Такая рентгенография носит название ангиография.

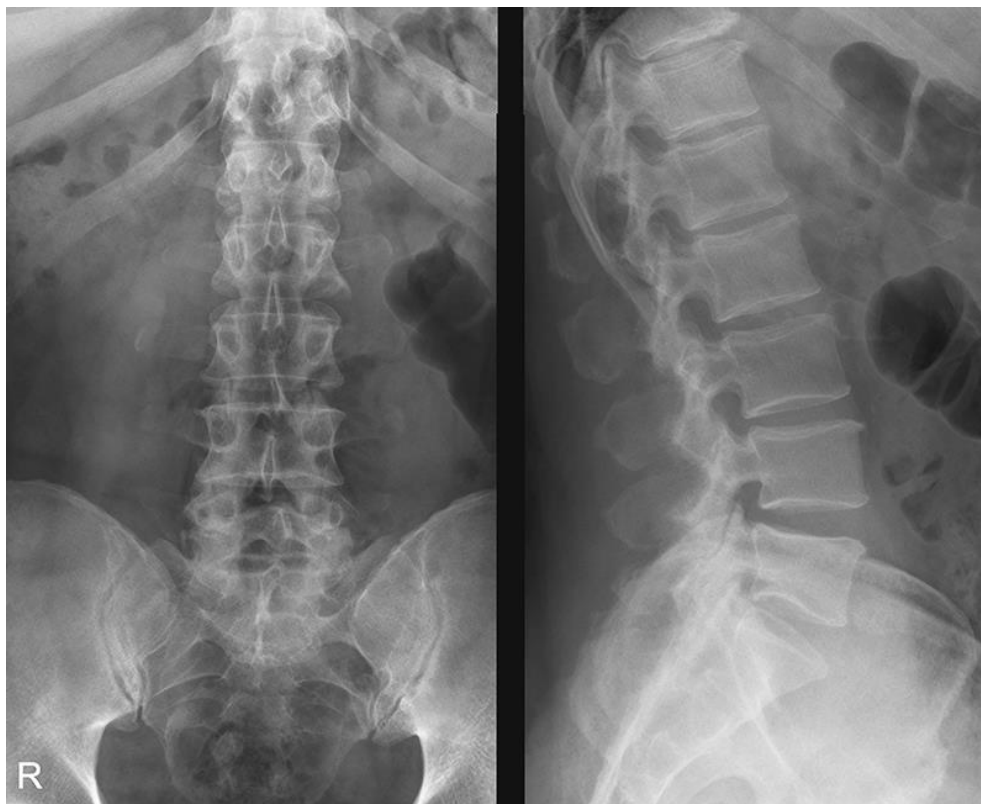


Рис. 1.1 – Рентгенография позвоночника

**Минусы.** Сейчас рентгенография довольно безопасна, но все равно существует риск повреждения органов и тканей, так как организм пациента получает небольшую дозу радиации. Также иногда в качестве реагента для ангиографии используются вещества, вызывающие аллергические реакции.

**Плюсы.** Рентгенография – это самый быстрый, дешевый и доступный способ исследования. Она сравнительно безопасна и не требует специальной подготовки, а процент полученной радиации слишком мал для того, чтобы после него возникали какие-то побочные эффекты.

На рисунке (1.2) запечатлен процесс рентгенографии.



Рис. 1.2 – Процедура рентгенографии

## 1.2 Компьютерная томография

**Принцип действия.** В компьютерной томографии, также, как и в рентгенографии, используются рентгеновские лучи. Но, в отличие от рентгенографии, в данном случае строится поперечный срез тела пациента. На кольцо томографа расположено множество датчиков, принимающих рентгеновские лучи. Томограф получает изображение пациента с различных точек и на их основании строит поперечный срез (рисунок 1.3). Компьютерная томография дает значительно более четкое изображение, поэтому ее применяют для исследования органов брюшной полости.

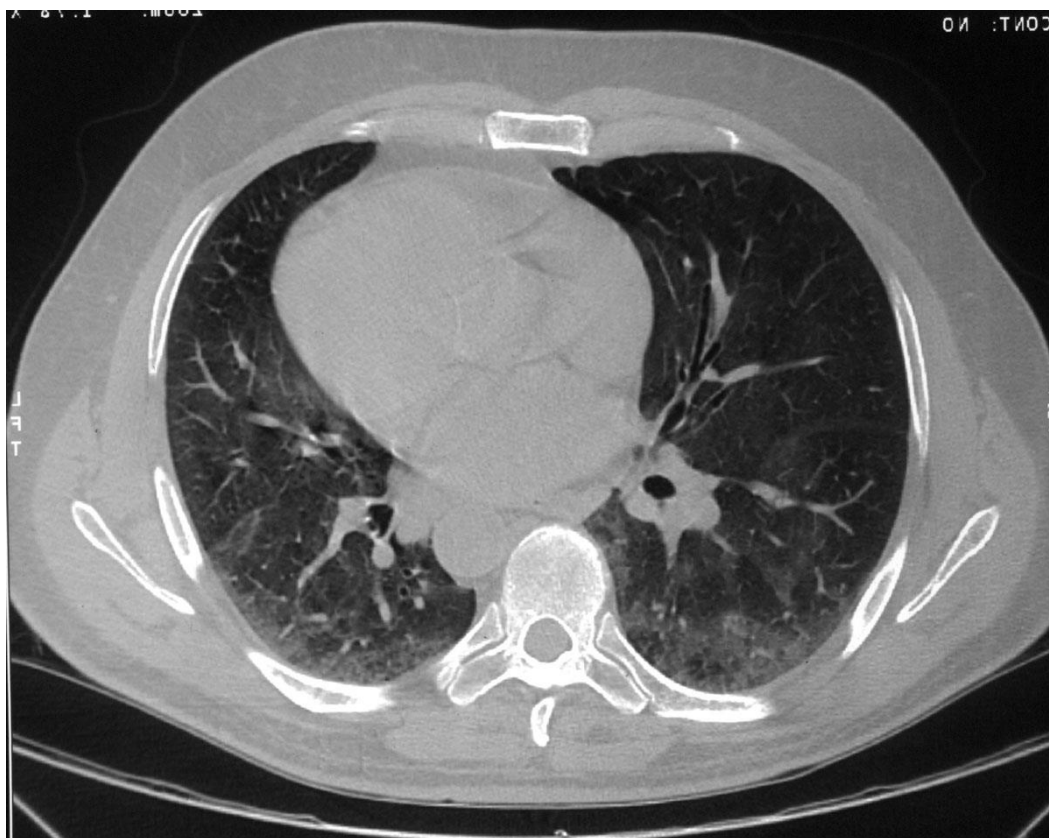


Рис. 1.3 – Компьютерная томография легких

**Минусы.** Так же, как и в случае с рентгенографией, основным минусом компьютерной томографии является излучение. Организм получает дозу радиации, причем больше, чем при использовании рентгенографии, так как обследование намного более интенсивное, а это вызывает риск развития рака.

**Плюсы.** Так же, как и рентгенография – это быстрый и безболезненный способ узнать состояние внутренних органов и структур. Благодаря высокой точности она позволяет выявить заболевания на самых ранних стадиях, что дает возможность провести максимально эффективное лечение.

На рисунке (1.4) запечатлена процедура компьютерной томографии.



Рис. 1.4 – Процедура компьютерной томографии

### 1.3 Позитронно-эмиссионная томография

**Принцип действия.** Для проведения процедуры позитронно-эмиссионной томографии радиоактивное вещество вводится в какие-либо молекулы – обычно это глюкоза, - которые потом вводятся в ткани. Раковые клетки поглощают больше глюкозы, следовательно, накапливают радиоактивное вещество. Поэтому на снимке места скопления раковых клеток – раковые опухоли – выделяются светом или цветом (рисунок 1.5).

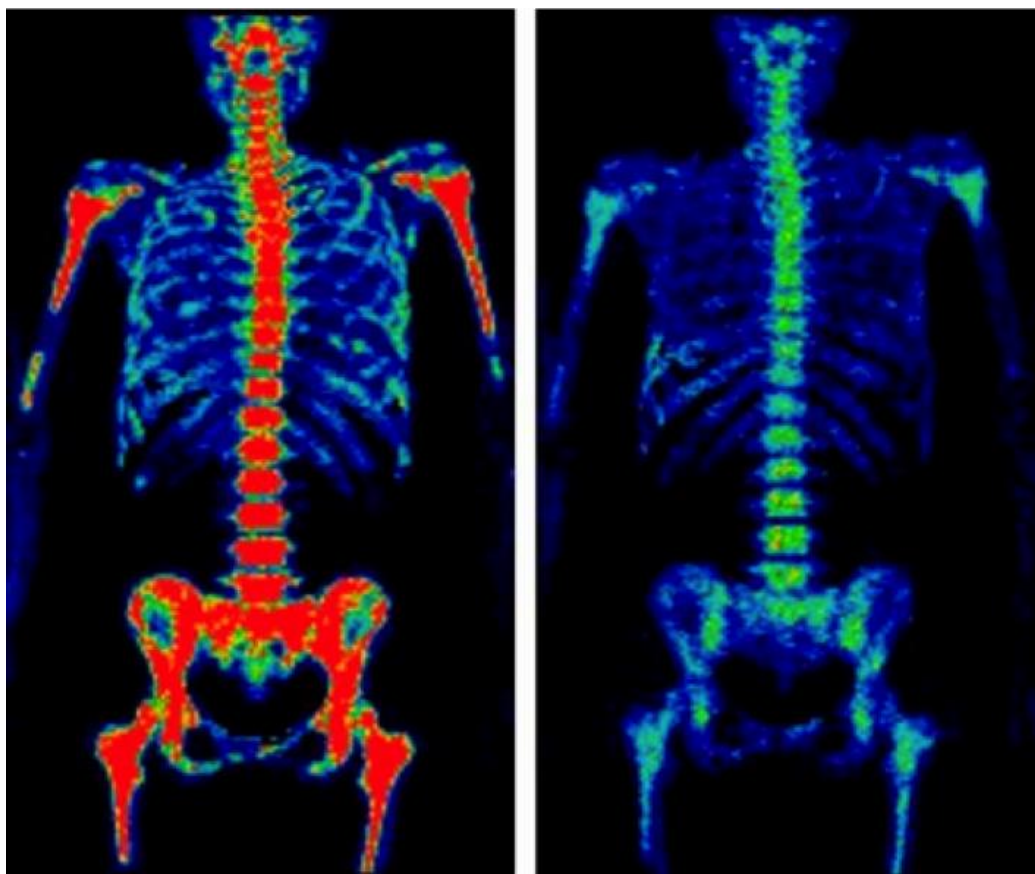


Рис. 1.5 – Позитронно-эмиссионная томография

**Минусы.** Доза радиации, получаемой организмом очень мала, ведь радиоактивное вещество вводится в ткани в очень небольшом количестве, но любая радиация – это риск. Так же, если уровень сахара в крови человека находится за пределами нормы – например, пациент только что поел или болен диабетом – страдает точность позитронной-эмиссионной томографии. Помимо этого существует еще один недостаток – короткий период полураспада радиоактивного вещества. В связи с этим проводить позитронно-эмиссионную томографию нужно в точно определенный период времени.

**Плюсы.** Позитронно-эмиссионная томография дает информацию о том, как функционируют те или иные органы и структуры. Это позволяет обнаружить патологии на более ранних стадиях.



На рисунке 1.6 изображена процедура позитронно-эмиссионной томографии.



Рис. 1.6 – Процесс позитронно-эмиссионной томографии

## 1.4 Магнитно-резонансная томография

**Принцип действия.** Принцип действия магнитно-резонансной томографии такой же, как и в компьютерной томографии. Только вместо рентгеновских радиоактивных лучей используется магнитные или радиоволны. В остальном процедура повторяется: датчики внутри кольца томографа принимают сигналы, компьютер получает множество изображений плоскости и на их основании строит поперечный срез. Магнитно-резонансная томография позволяет проникать даже сквозь костные ткани, что позволяет использовать ее для исследования мозга (рисунок 1.7).





Рис. 1.7 – МРТ мозга

**Минусы.** Магнитно-резонансная томография крайне чувствительна, поэтому любые предметы, которые могут исказить результаты, нельзя вносить в процедурный кабинет: это часы, кредитные карты, металлические украшения, а также кардиостимуляторы и внутренние металлические протезы.

**Плюсы.** Так как для магнитно-резонансной томографии не используются рентгеновские лучи, она не подвергает пациентов вредному облучению. А ее проникающая способность позволяет исследовать такие труднодоступные участки, как области внутри костной ткани – например, мозг.

На рисунке 1.8 изображена процедура МРТ.



Рис. 1.8 – Процедура МРТ

## 1.5 Ультразвуковое исследование

**Принцип действия.** Ультразвуковое исследование использует для работы не рентгеновские лучи или магнитное излучение, а звуковые волны очень короткой длины, такой, что они не воспринимаются человеческим ухом. Внутренние органы имеют различную плотность, поэтому волны, проходящие через ткани, отражаются от них и образуют эхо, которое анализирует компьютер. Чем ниже частота волны, тем глубже проникают волны. Высокочастотные ультразвуковые волны используются для диагностики кожных заболеваний. Результат ультразвукового исследования почек представлен на рисунке 1.9.

Процедура проходит следующим образом: (рисунок 1.10) врач наносит на исследуемую поверхность специальный гель, а потом водит по ней аппаратом, создающим ультразвуковые волны. Иногда для более тщательной

диагностики – например, при УЗИ органов малого таза – аппарат вводится внутрь тела пациента.



Рис. 1.9 – УЗИ почек

Ультразвуковое исследование имеет широкое применение: от выявления скрытых причин заболеваний, до наблюдения за плодом при беременности.



Рис. 1.10 – Процедура проведения УЗИ

**Минусы.** Изображения, получаемые при ультразвуковом исследовании, сильно уступают по качеству изображениям, полученным с помощью других методов. Кроме того, использование УЗИ имеет ряд ограничений, например, при исследовании кишечника, так как ультразвуковые волны не могут проходить сквозь полости, заполненные газами.

**Плюсы.** Ультразвуковое исследование – быстрый и недорогой способ обследования, при этом изображение можно наблюдать сразу в процессе диагностики, что снижает вероятность получения неверных данных.

## Глава 2. Построение решения задачи

В статье Сергеева Сергея Львовича и Севрюкова Сергея Юрьевича «Использование метода упругой пленки в программном комплексе построения среза тела пациента» [6] дается полная информация о применении метода упругой пленки для построения поперечного среза. В данной работе используются материалы упомянутой статьи для построения решения поставленной задачи.

### 2.1 Физическая модель

Представим стандартный срез из атласа стандартных анатомий в виде упругой пленки – то есть поверхности, которую можно растягивать и сжимать так, что внутренние ее части изменяются в соответствии с изменениями внешнего контура. Эту пленку нам нужно надеть на некоторый каркас – реальный контур пациента (обозначим его  $L_0$ ). Растянем пленку таким образом, что длина ее контура совпадет с длиной контура каркаса, и сделаем следующие действия:

- Зафиксируем на каркасе некоторую точку  $C_0$ . Например, в качестве такой точки можно выбрать место, где контур соприкасается с позвоночником. Отметим на пленке соответствующую ей точку  $C$ . Наложим пленку на каркас в этой точке и закрепим таким образом начало координат.
- Продолжим натягивать упругую пленку на реальный каркас. В соответствии с законом Гука сила упругости пропорциональна относительному удлинению. Следовательно, зафиксированные точки перестанут «соскальзывать» с каркаса, когда каждая точка  $B_0$ ,

старого контура  $L_0$  перейдет в такую точку  $B$  нового контура  $L$ , что длина дуги  $CB$  будет равна длине дуги  $C_0B_0$ .

- Получим новое положение точек стандартного среза на заданном каркасе согласно законам упругих сил.

Далее выводятся соответствующие формулы.

## 2.2 Математическая модель

Пусть при преобразовании точка  $A_0$  перешла в точку  $A$ . И пусть  $B_0$  и  $B$  – соответствующие точки стандартного и реального контуров.

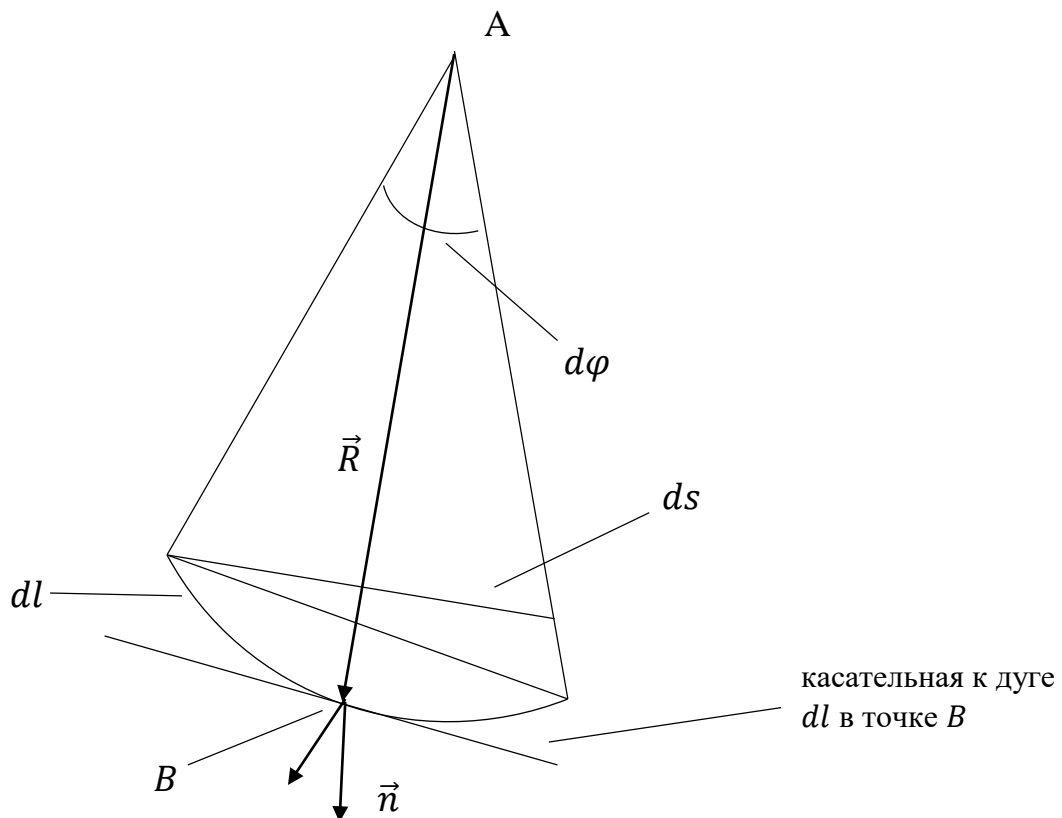


Рис. 2.1- Обозначения

Рассмотрим сектор  $d\varphi$  с биссектрисой  $AB$  и аналогичный сектор в контуре  $L_0$  с биссектрисой  $A_0B_0$  (рисунок 2.1).

Величина, на которую сектор растянулся при деформации -  $|R| - |R_0|$ .  
В силу того, что сила упругости пропорциональна относительному удлинению, пропорциональна  $d\varphi$  и направлена по вектору  $R$ , получаем

$$df = k \frac{|R| - |R_0|}{|R_0|} \frac{R}{|R|} d\varphi$$

Используя очевидные равенства  $d\varphi = \frac{ds}{|R|}$  и  $ds = dl \frac{(n,R)}{|R|}$ , получим

$$d\varphi = \frac{(n,R)}{R^2} dl.$$

Пусть  $x$  и  $z$  – координаты  $A$ , а  $x_0$  и  $z_0$  – координаты  $A_0$ .

Тогда  $R = R(x, z, l)$ ,  $R_0 = R(x_0, z_0, l)$ . Из условия равновесия получаем

$$\int_L \frac{|R(x, z, l)| - |R_0(x_0, z_0, l)|}{|R_0(x_0, z_0, l)|} \frac{R(x, z, l)}{|R(x, z, l)|} \frac{(n, R(x, z, l))}{R^2} dl = 0 \quad (2.1)$$

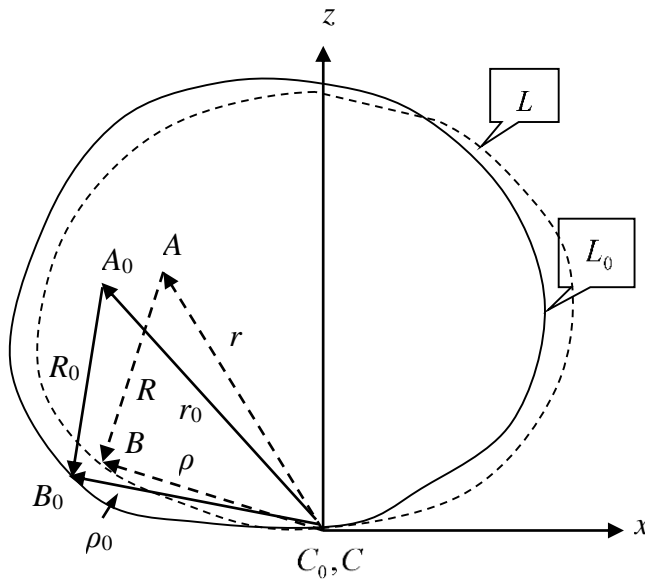


Рис. 2.2 – На рисунке сплошной линией обозначен внешний контур стандартной анатомии, пунктирной – соответствующий контур реальной анатомии.

Из рисунка 2.2 видно, что

$$R(x, z, l) = \rho(l) - r(x, z) \text{ и } R_0(x_0, z_0, l_0(l)) = \rho_0(l) - r_0(x_0, z_0).$$

Обозначим  $\xi$  и  $\zeta$  компоненты вектора  $\rho$ . Тогда компоненты вектора  $R(x, z, l)$ :  $\xi(l) - x$  и  $\zeta(l) - z$ . Пусть  $\theta$  – угол между осью  $Oz$  и ортом  $n$ , измеряемый от положительного направления оси  $Oz$  к  $n$  по часовой стрелке. Тогда компоненты  $n$ :  $-\sin \theta$  и  $\cos \theta$ . Таким образом:

$$|R(x, z, l)| = \sqrt{(x - \xi(l))^2 + (z - \zeta(l))^2},$$

$$|R_0(x_0, z_0, l)| = \sqrt{(x_0 - \xi_0(l))^2 + (z_0 - \zeta_0(l))^2},$$

$$(n, R(x, z, l)) = -(x - \xi(l)) \sin \theta(l) - (z - \zeta(l)) \cos \theta(l).$$

Итак, векторное уравнение (2.1) можно использовать для построения среза тела пациента:

- берем произвольную точку  $A_0$  стандартной анатомии. Ее координаты известны -  $x_0$  и  $z_0$  ;
- для каждого значения переменной интегрирования находим точки контура  $L_0$  с координатами  $\xi_0$  и  $\zeta_0$  и соответствующие точки контура  $L$  с координатами  $\xi$  и  $\zeta$  .
- решая систему двух интегральных уравнений (2.1), находим значения неизвестных  $x$  и  $y$ . Это – координаты точки  $A$  реального контура, соответствующей точке  $A_0$  стандартной анатомии.

### 2.3 Частное приближенное решение

Примем  $R = R_0 + \varepsilon$  и построим приближенное решение уравнения (2.1) для случая, когда  $|\varepsilon| \ll |R|$ . Тогда, с точностью до членов второго порядка малости, имеем:

$$|R| - |R_0| = \frac{(R_0, \varepsilon)}{|R_0|}$$

Уравнение (2.1) преобразуется к виду



$$\int_L \frac{(R_0, \varepsilon)(R_0, n)}{|R_0|^5} R_0 dl = 0 \quad (2.2)$$

Учитывая, что  $\varepsilon = \rho - \rho_0 + r_0 - r$ ,

$$(R_0, \varepsilon) = (R_0, \rho - \rho_0 + r_0) - (R_0, r) = (R_0, \rho - \rho_0 + r_0) - (\xi_0 - x_0)x - (\zeta_0 - z_0)z.$$

Подставим полученное выражение в (2.2):

$$\int_L \frac{(R_0, \rho - \rho_0 + r_0)(R_0, n)R_0}{|R_0|^5} dl = x \int_L \frac{(\xi_0 - x_0)(R_0, n)R_0}{|R_0|^5} dl + z \int_L \frac{(\zeta_0 - z_0)(R_0, n)R_0}{|R_0|^5} dl.$$

Перейдем к конечным суммам и введем обозначения:

$$\frac{(\xi_{0i} - x_0) \sin \theta_i + (\zeta_{0i} - z_0) \cos \theta_i}{\sqrt{(\xi_{0i} - x_0)^2 + (\zeta_{0i} - z_0)^2}^5} \Delta l_i \equiv V_i(x_0, z_0),$$

$$\sum_i (\xi_{0i} - x_0)^2 V_i(x_0, z_0) \equiv a(x_0, z_0),$$

$$\sum_i (\xi_{0i} - x_0) (\zeta_{0i} - z_0) V_i(x_0, z_0) \equiv b(x_0, z_0),$$

$$\sum_i (\zeta_{0i} - z_0)^2 V_i(x_0, z_0) \equiv c(x_0, z_0),$$

$$\sum_i [(\xi_{0i} - x_0)(\xi_i - \xi_{0i} + x_0) + (\zeta_{0i} - z_0)(\zeta_i - \zeta_{0i} + z_0)](\xi_{0i} - x_0) V_i(x_0, z_0) \equiv d_1(x_0, z_0),$$

$$\sum_i [(\xi_{0i} - x_0)(\xi_i - \xi_{0i} + x_0) + (\zeta_{0i} - z_0)(\zeta_i - \zeta_{0i} + z_0)](\zeta_{0i} - z_0) V_i(x_0, z_0) \equiv d_2(x_0, z_0).$$

В результате получим линейную систему второго порядка:

$$\begin{cases} a(x_0, z_0)x + b(x_0, z_0)z = d_1(x_0, z_0) \\ b(x_0, z_0)x + c(x_0, z_0)z = d_2(x_0, z_0) \end{cases} \quad (2.3)$$

## 2.4 Общее приближенное решение

Возьмем некоторую внутреннюю точку  $A_0$ , расположенную достаточно далеко от  $S$ , на стандартной анатомии так, чтобы она принадлежала одному из

контуров. Воспользуемся системой (2.3), чтобы построить соответствующую точку  $A$  на реальной анатомии.

Затем обозначим произвольную точку  $B_0$  на внешнем контуре стандартного среза и найдем соответствующую ей точку  $B$  на реальной анатомии. Положим длины отрезков  $A_0B_0$  и  $AB$  равными  $d_0$  и  $d$  соответственно. Каждую точку стандартной анатомии, лежащую на отрезке  $A_0B_0$  на расстоянии  $s_0$  от точки  $A_0$ , будем переносить на прямую  $AB$  в точку, отстоящую от  $A$  на расстояние  $s = s_0 \frac{d}{d_0}$ .

## **Глава 3. Программная реализация**

### **3.1 Выбор среды разработки и языка программирования**

В данной работе для программной реализации алгоритма были использованы интегрированная среда разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 2013Ultimate и язык программирования C#.

Преимущества использования Visual Studio:

- Visual Studio позволяет разрабатывать приложения с графическим интерфейсом.
- Такая среда разработки, как Visual Studio предоставляет пользователям широкий спектр возможностей в программировании и тестировании приложений.
- Visual Studio предоставляет пользователям инструменты для работы над проектами любых размеров и сложности.
- В Visual Studio поддерживаются многие современные языки программирования: C#, C++, JavaScript, Visual Basic и другие.

Преимущества использования C#:

- C# - объектно-ориентированный язык программирования, поэтому располагает всеми преимуществами этого класса языков.

Согласно материалам Википедии [7]:

Объектно-ориентированное программирование (ООП) — методология программирования, основанная на представлении программы в виде совокупности объектов, каждый из которых является экземпляром определенного класса, а классы образуют иерархию наследования.

## Ключевые принципы ООП:

### 1) Инкапсуляция

Позволяет объединить данные и методы, с которыми эти данные работают, в классе, а также присваивать данным и методам идентификаторы доступа.

### 2) Наследование

Позволяет описать новый класс на основании уже существующего с полным или частичным заимствованием его функциональности.

### 3) Абстрагирование

Возможность объединять классы в отдельные группы, выделяя общие, значимые для них всех характеристики (общие поля и общее поведение).

### 4) Полиморфизм

Позволяет использовать объекты с одинаковым интерфейсом без информации о типе объекта или его внутренней структуре.

- Объединяет в себе лучшие черты C++, а также простоту и надежность.
- Поддерживает работу с .Net Framework и его библиотеками, в том числе в пространстве имен System.Drawing,, работа с которым осуществляется в программной реализации.
- Простота и доступность.
- Поддержка работы с базами данных.

## **3.2 Общий ход работы программы**

Программа выполняется по следующим шагам:

### **1. Ввод данных о пациенте.**

Для корректной работы программе необходимы данные о поле и росте пациента, а также высоте, на которой необходимо построить срез тела пациента.

### **2. Загрузка контура тела пациента на указанной высоте**

На данном этапе врачу необходимо выбрать файл, хранящийся на компьютере, в котором содержится контур тела пациента на интересующей его высоте. Способы получения контура могут быть различны. Один из них предполагает формирование контура на заданной высоте с помощью жесткого каркаса, который впоследствии обводится на листе бумаги. Полученный контур оцифровывается и сохраняется на компьютере.

### **3. Корректировка загруженного контура**

В случае необходимости врач может отредактировать полученный контур, например, для того, чтобы не учитывать жировую прослойку. Для редактирования предлагается последовательно поставить на изображении контура точки – по ним будет сформирован новый контур. Чем больше точек укажет врач, тем точнее будет результат.

### **4. Выбор стандартного среза из атласа стандартных анатомий**

Программа устанавливает относительную высоту, на которой необходимо построить срез, на основании данных о росте пациента и абсолютной высоте, указанной на первом шаге. Затем происходит обращение к базе данных, содержащей срезы из атласа стандартных анатомий, сделанных с определенным интервалом. Мужская и

женская анатомии отличаются в небольшом числе срезов: это органы малого таза.

После этого программа получает изображение стандартного среза на относительной высоте, ближайшей к полученной по введенным данным, и выполняет его построение в одном из окон программы.

#### 5. Построение итогового среза

Программа строит новое изображение, корректируя срез из атласа стандартных анатомий в соответствии с реальным контуром среза тела пациента по методу упругой пленки. Изображение помещается в одно из окон программы.

В случае, если врачу не необходимо корректировать контур, программа позволяет пропустить этот шаг без каких-либо потерь. В этом случае стандартный срез будет вписываться сразу в загруженный контур.

Общая схема алгоритма представлена на рисунке 3.1.

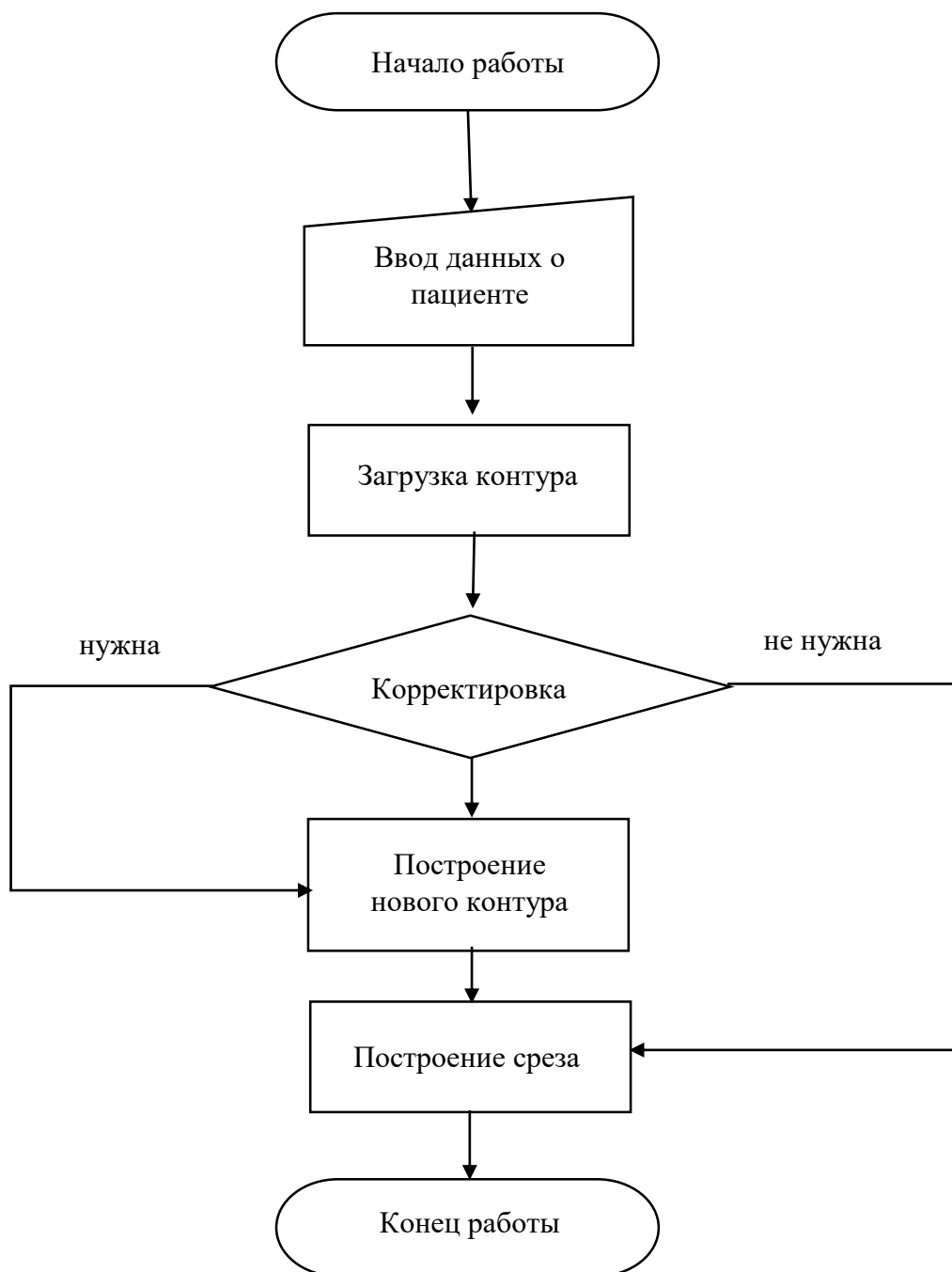


Рис.3.1 – Общая схема работы программы

### 3.3 Интерфейс программы

При запуске программы появляется начальное окно (рисунок 3.2), где пользователю предлагается ввести необходимые данные о пациенте: пол, рост и высоту, на которой строится изображение среза.

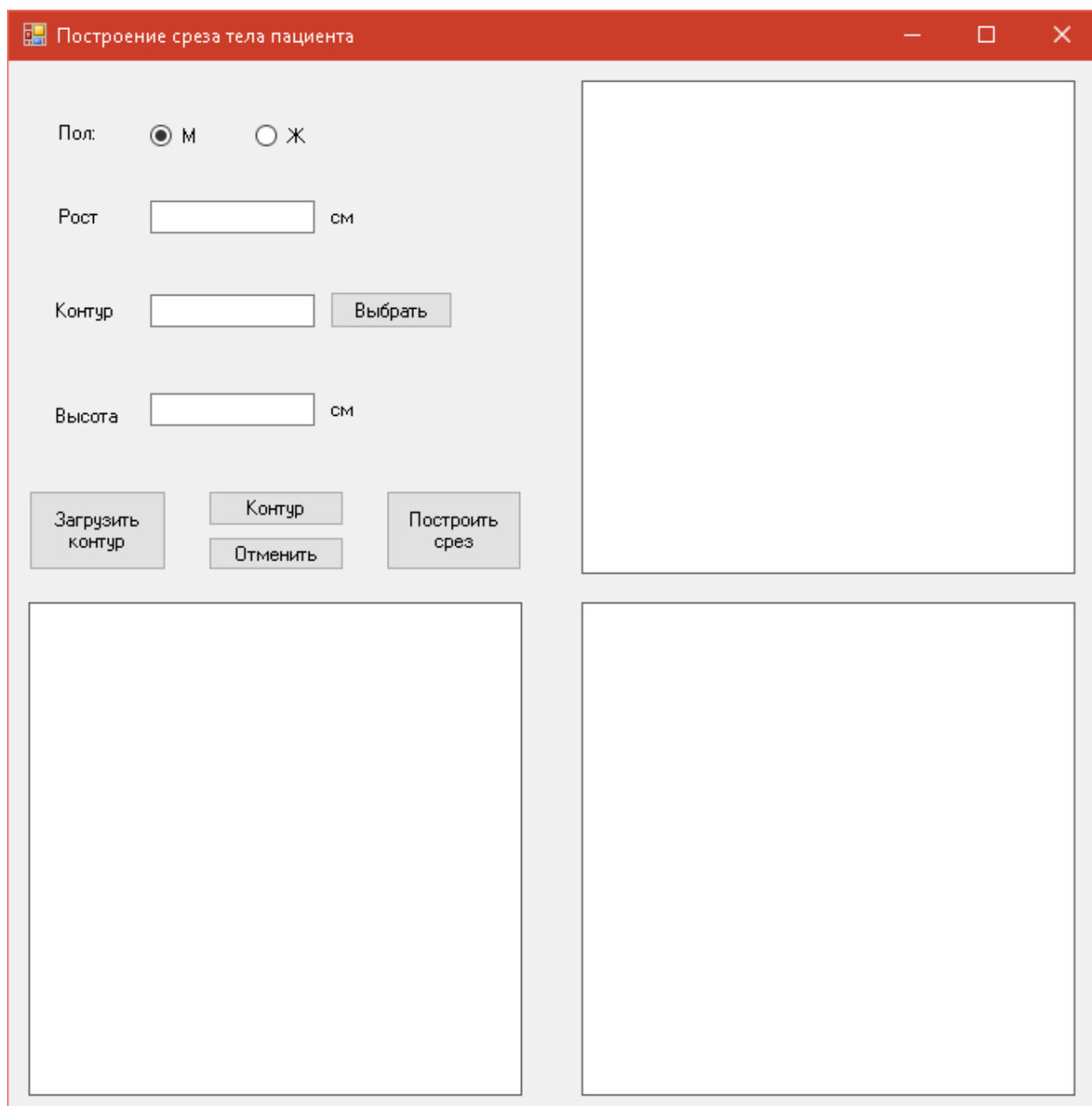


Рис. 3.2 – Начальное окно программы

Также пользователю предлагается выбрать изображение контура тела пациента на заданной высоте. Для этого нужно нажать кнопку «Выбрать». При ее нажатии появляется окно выбора файла (рисунок 3.3).



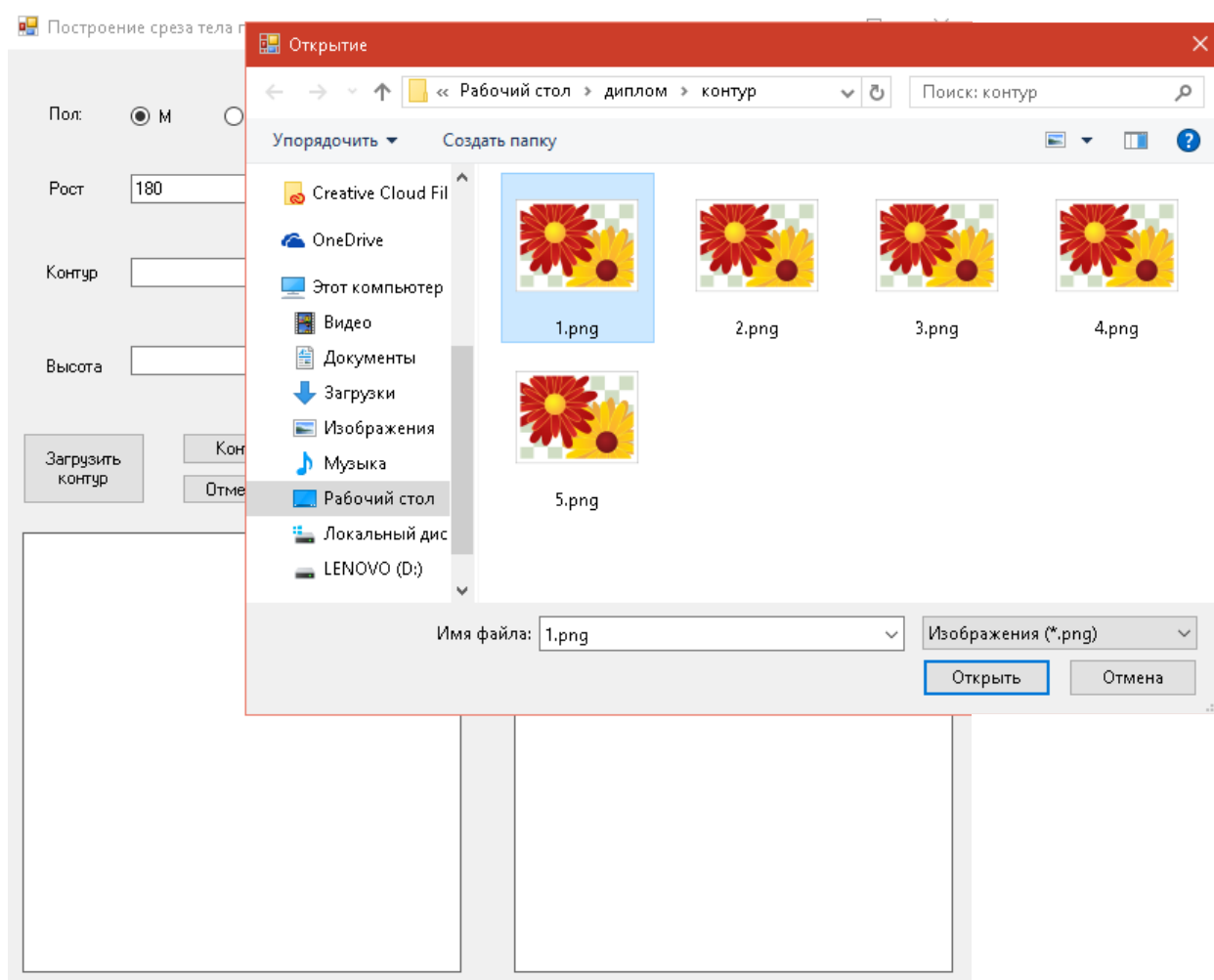


Рис. 3.3 – Окно выбора контура тела пациента

После того, как контур выбран, пользователь может просмотреть его и отредактировать. Для этого необходимо нажать кнопку «Загрузить контур». При нажатии этой кнопки в правом верхнем поле появляется загруженное изображение (рисунок 3.4).

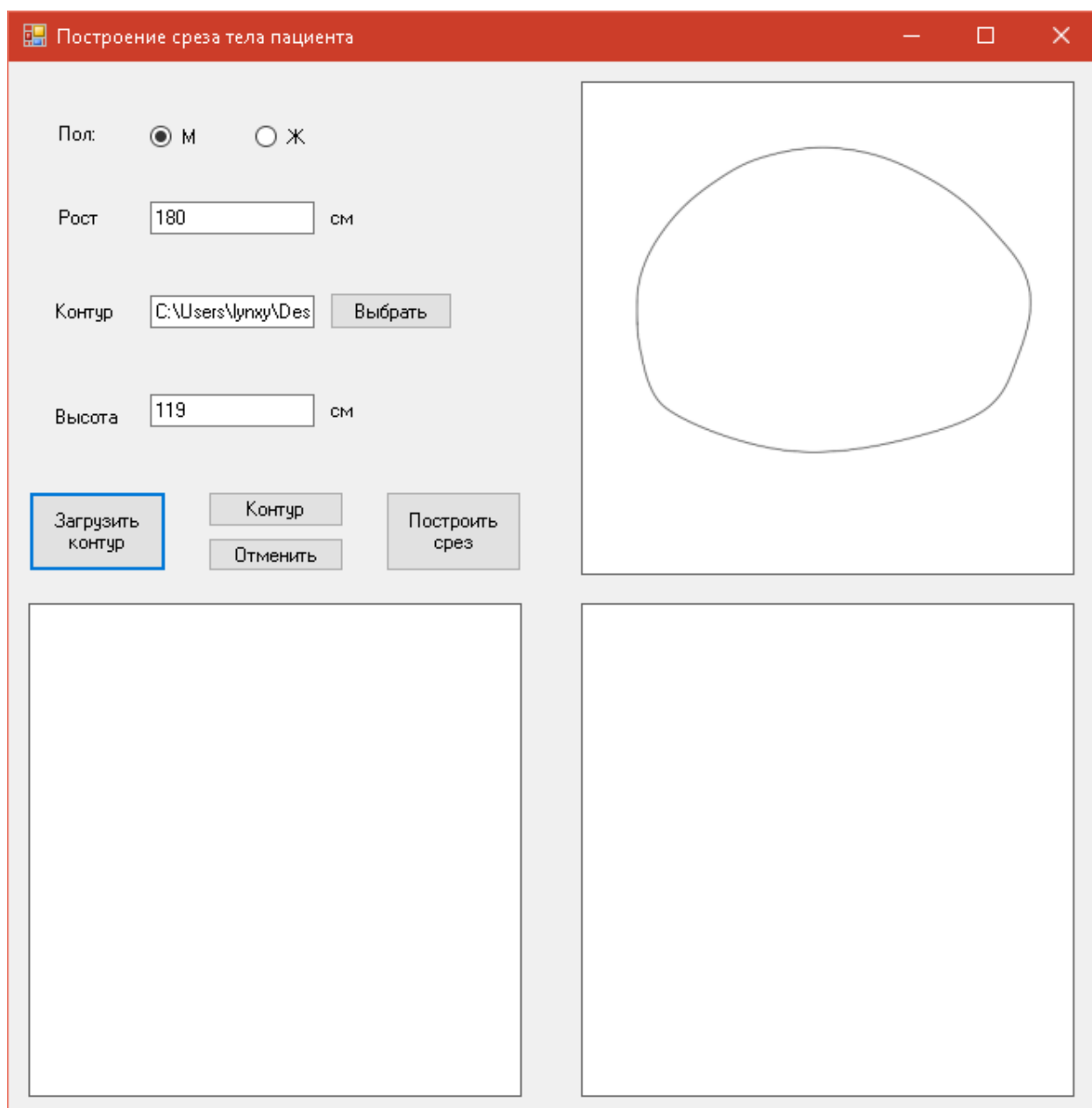


Рис. 3.4 – Окно программы после выбора контура и нажатия кнопки «Загрузить контур»

Далее в этом поле можно указать нажатием мыши точки, по которым будет строиться новый, скорректированный контур (рисунок 3.5).

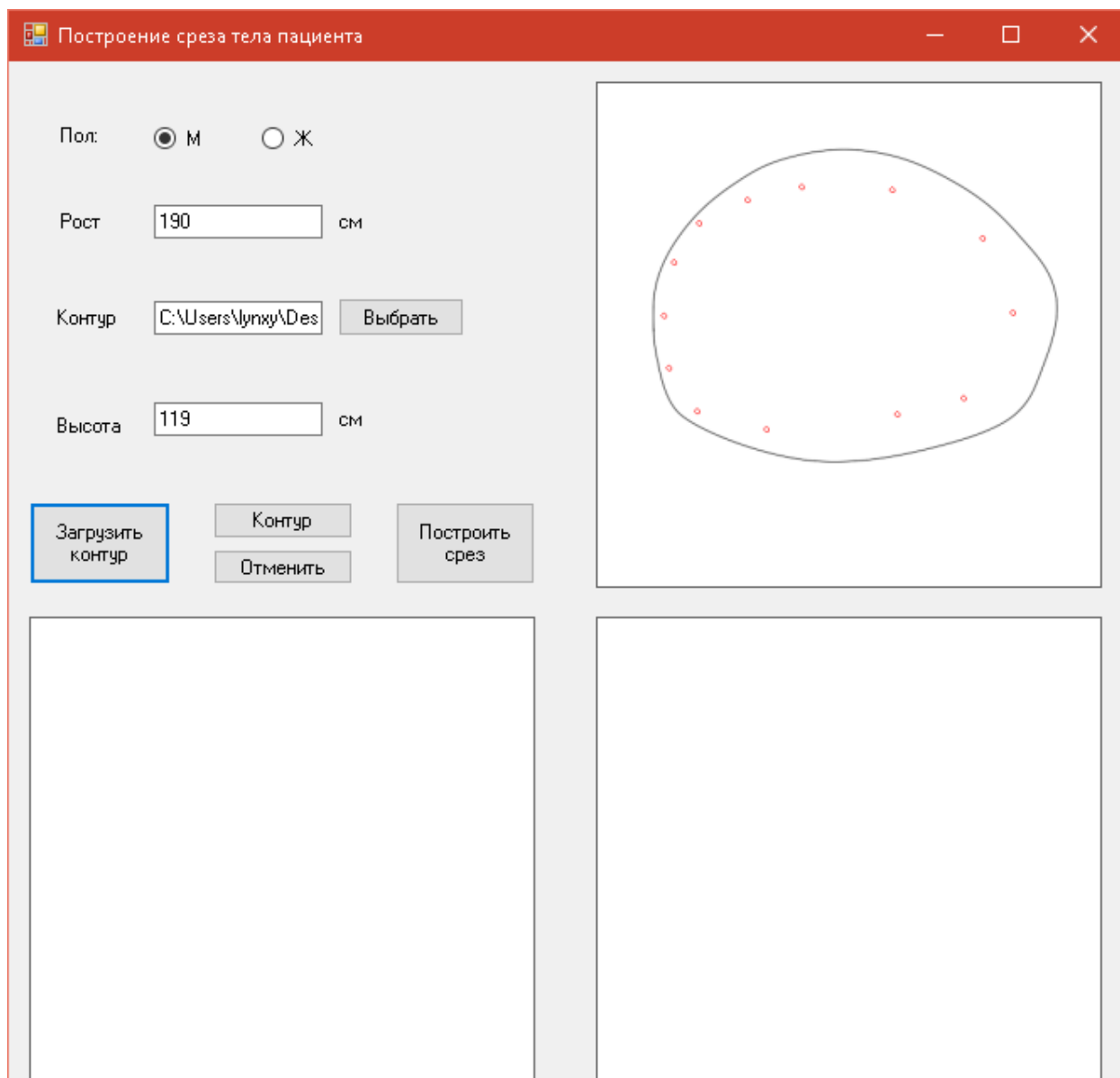


Рис. 3.5 – Корректировка контура тела пациента

Просмотреть полученный контур можно нажатием кнопки «Контур» (рисунок 3.6).

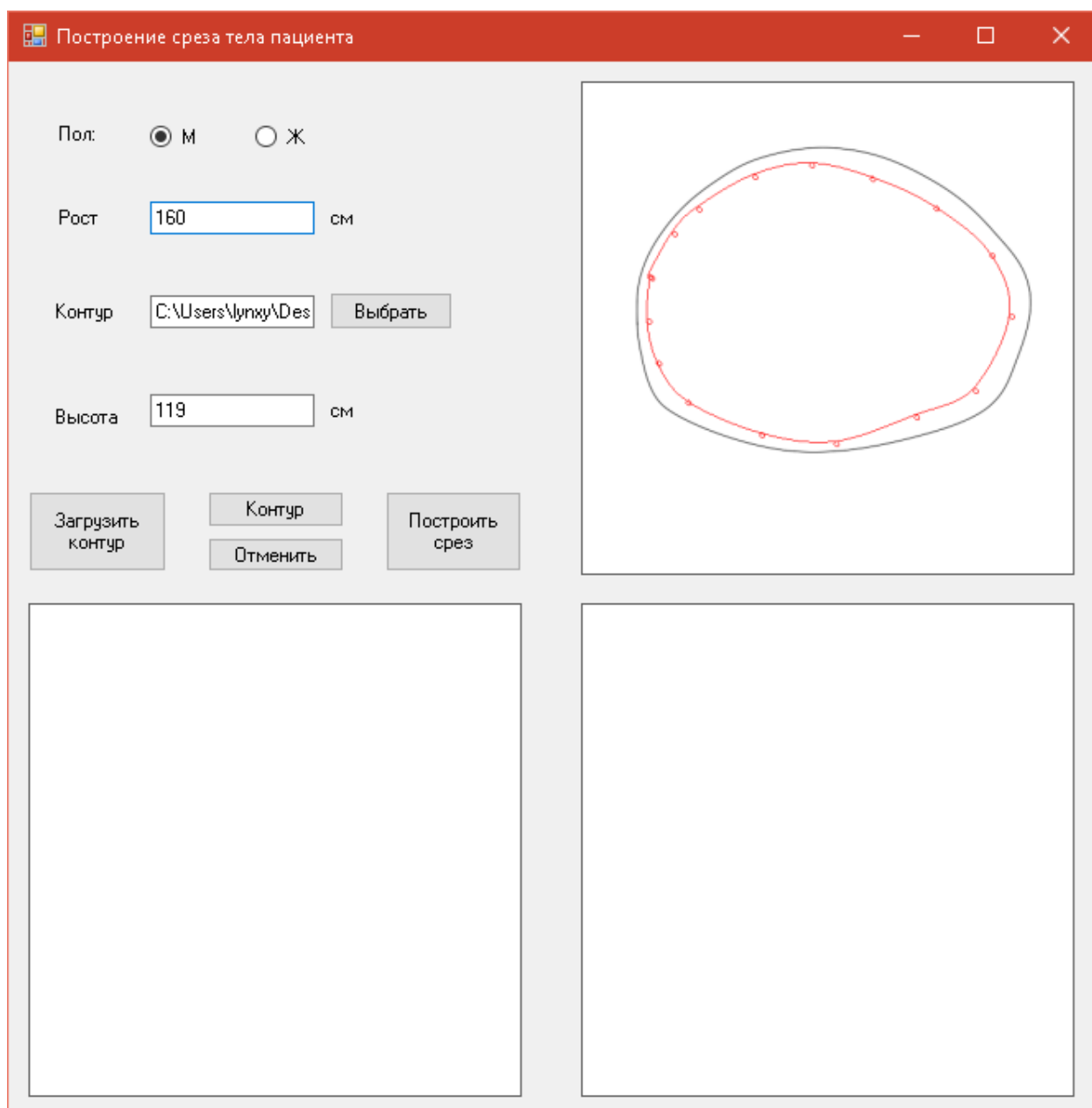


Рис. 3.6 – Скорректированный врачом контур

Если результат не удовлетворяет пользователя, он может удалить построенный контур нажатием кнопки «Отмена».

При нажатии кнопки «Построить срез» в двух нижних формах строятся изображения: в левом – стандартный срез из базы стандартных анатомий, в правом – срез тела пациента, скорректированный по методу упругой пленки (рисунок 3.7).

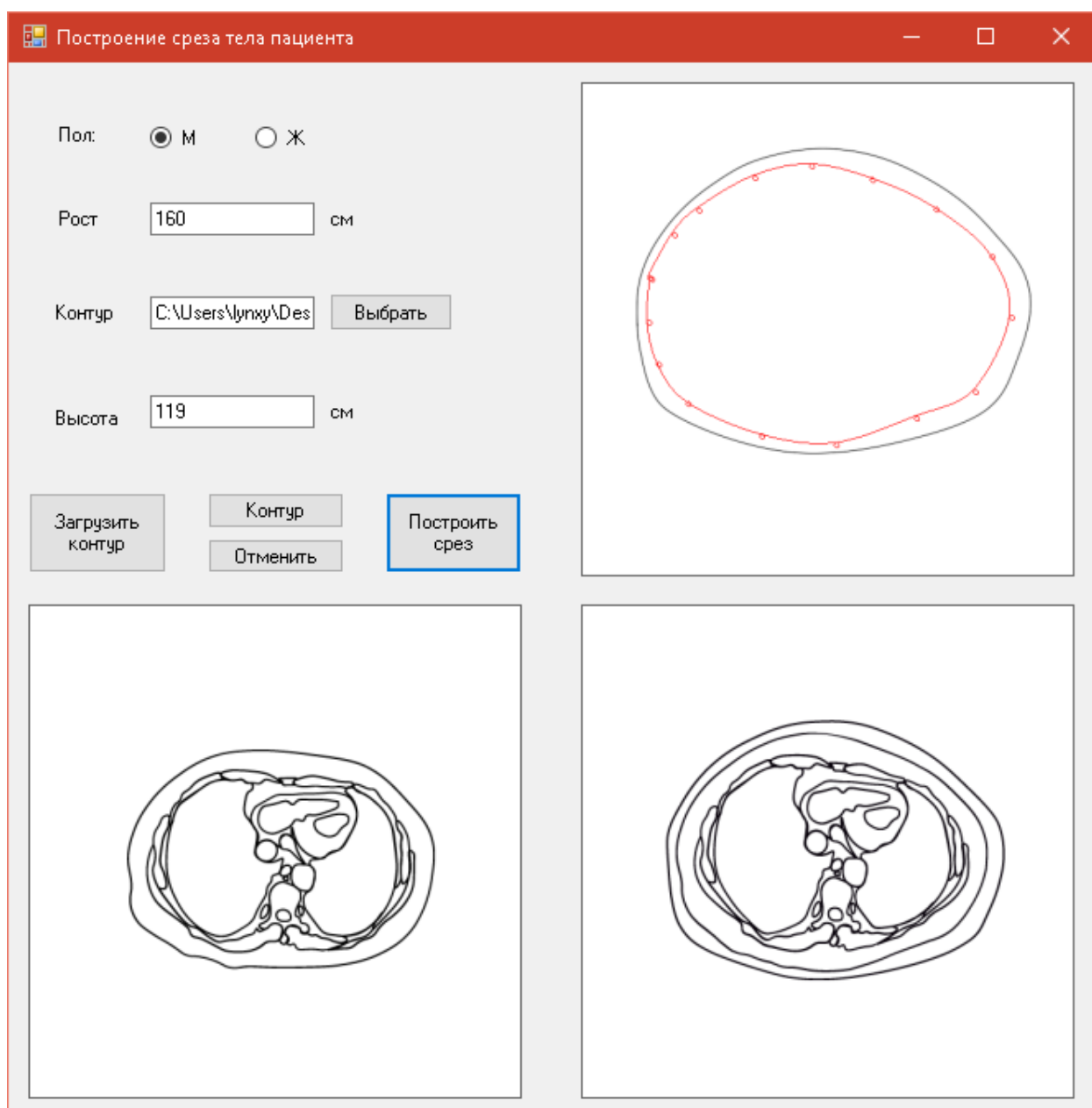


Рис. 3.7 – Результат работы программы

### 3.4 Некоторые результаты работы программы

На рисунках 3.8 – 3.11 представлены результаты работы программы в различных ситуациях.

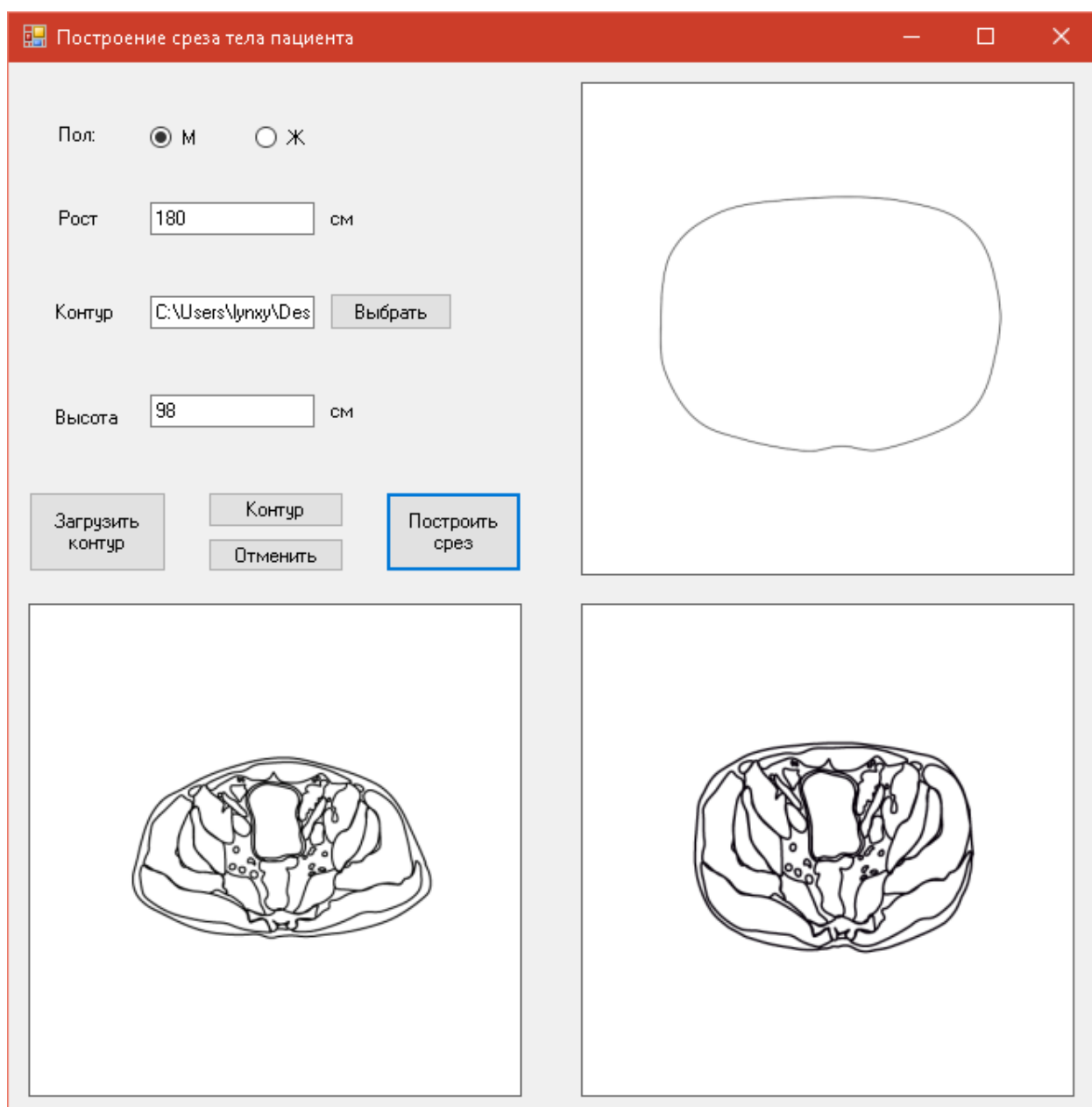


Рис. 3.8 – Построение среза тела пациента на относительной высоте 544 без корректировки контура

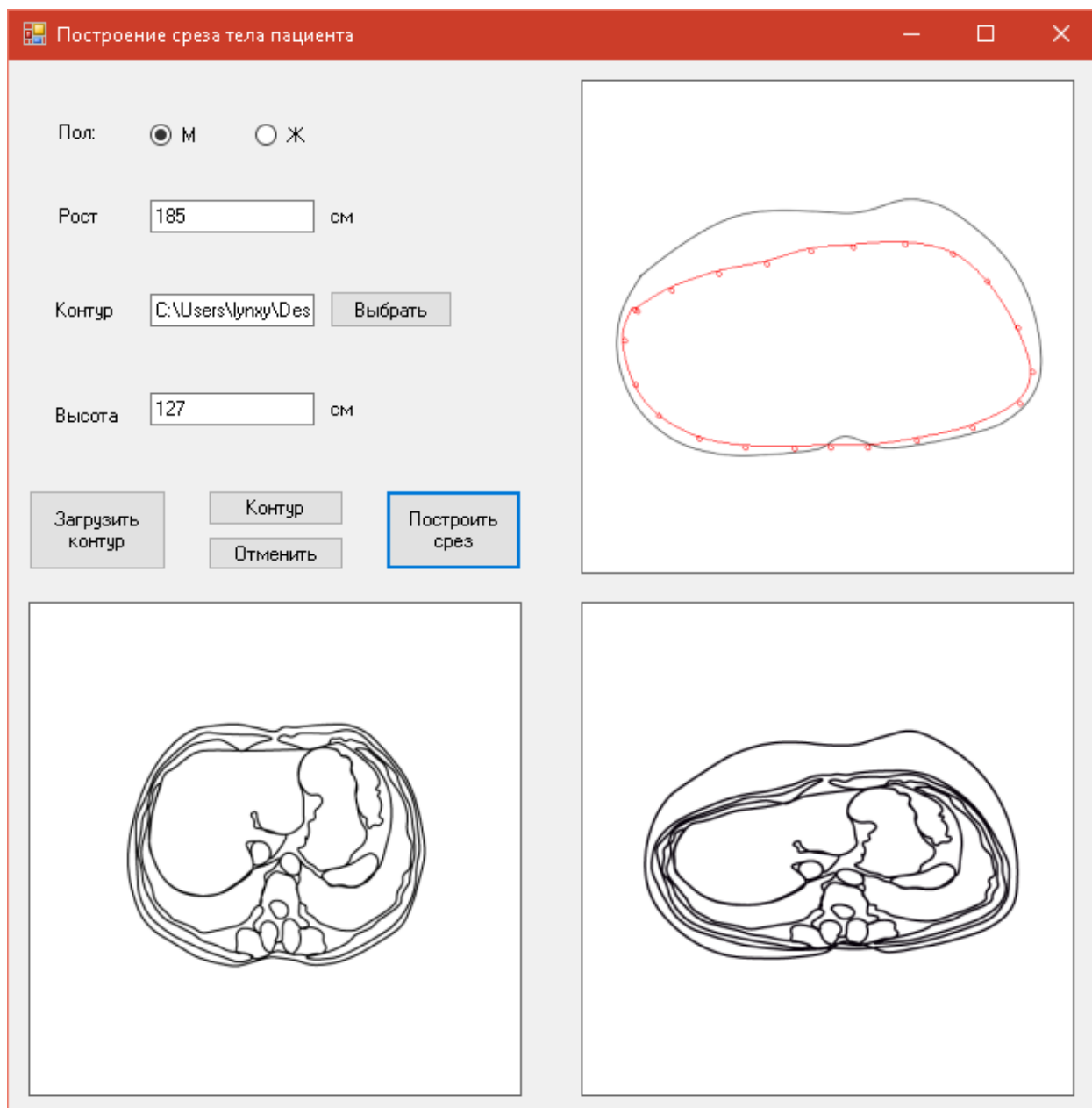


Рис 3.9 – Построение среза на относительной высоте 687 с корректированием контура

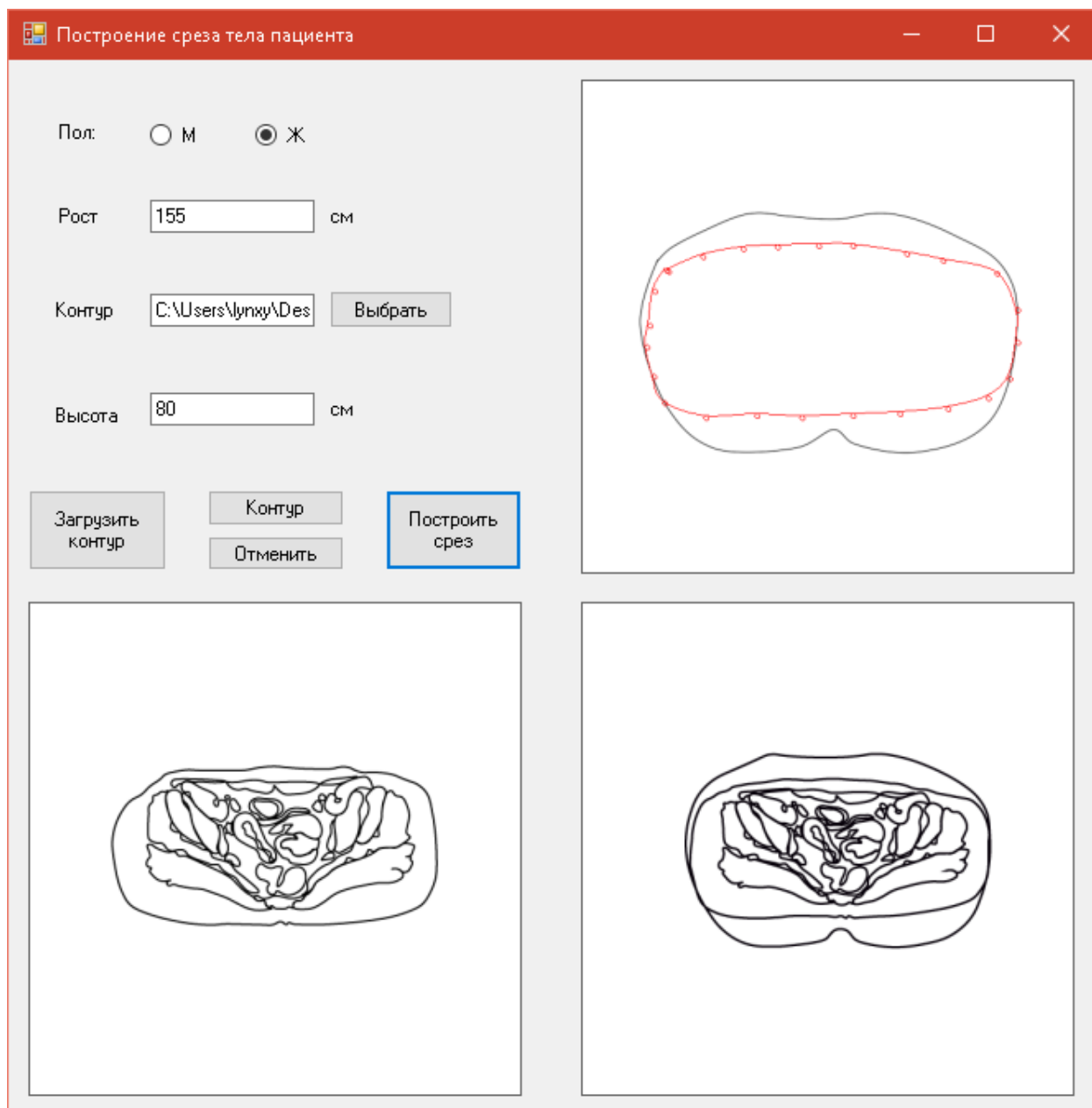


Рис. 3.10 – Построение среза тела пациента на относительной высоте 519 с коррективкой контура



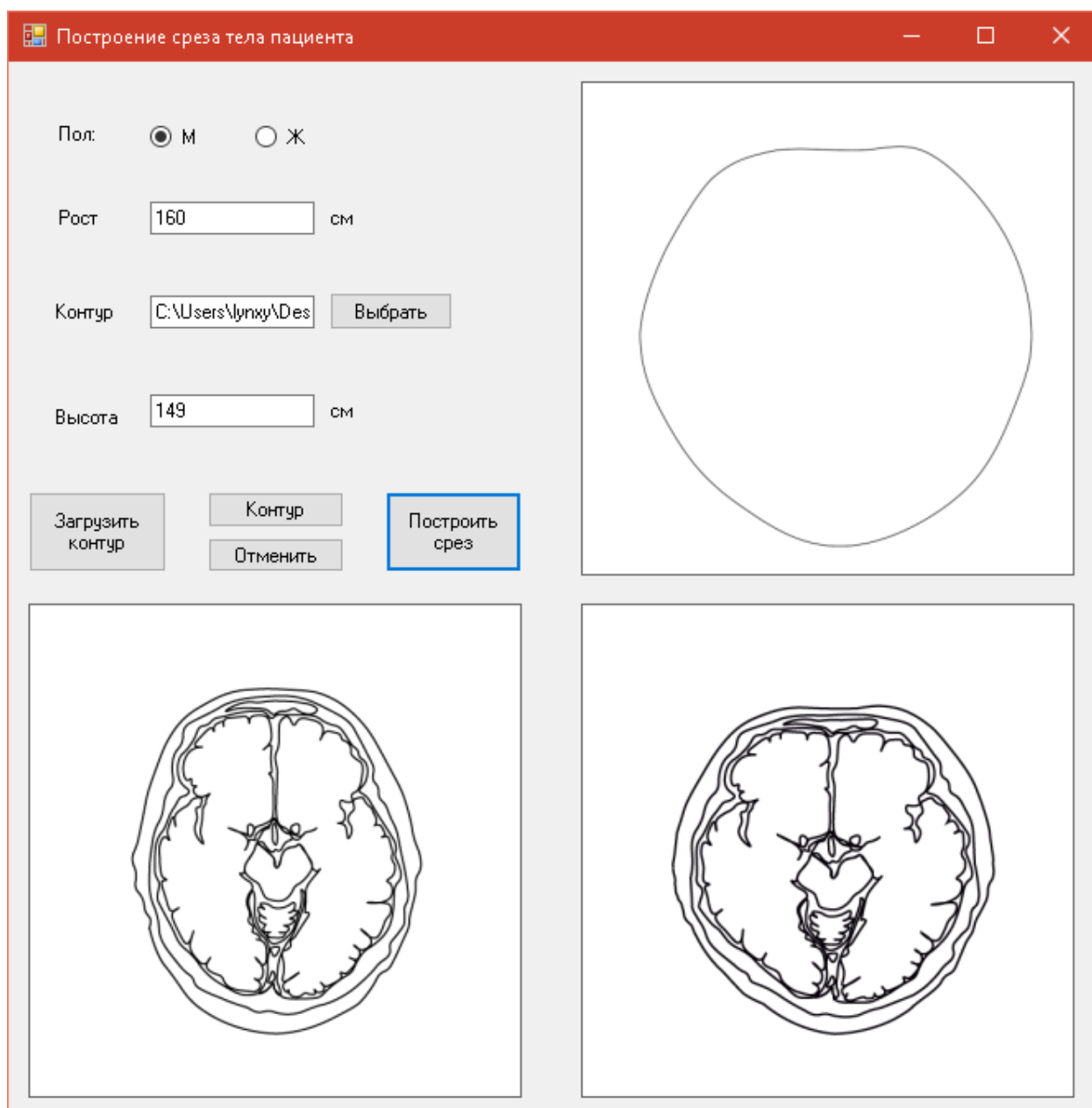


Рис. 3.11 – Построение среза тела пациента на относительной высоте 931 без корректировки контура

## **Выводы**

В данной работе было проведено исследование различных методов построения медицинских изображений, выявлены достоинства и недостатки каждого. Также была рассмотрена основная проблема всех этих методов – высокая стоимость оборудования и обслуживания. По этой причине использование оборудования требует серьезных показаний, что исключает возможность диагностики заболевания на ранних стадиях. В качестве решения этой проблемы был предложен метод упругой пленки.

В ходе работы был приведен алгоритм метода упругой пленки для построения поперечного среза пациента. Помимо этого, было разработано программное обеспечение, позволяющее врачу самостоятельно корректировать контур тела пациента в зависимости от объема жировой ткани.

Результатом работы стала программа, позволяющая по контуру тела пациента скорректировать срез из атласа стандартных анатомий.

## **Заключение**

В ходе данной работы была разработана программа, позволяющая преобразовать срез из атласа стандартных анатомий в соответствии с реальным контуром среза тела пациента по методу упругой пленки.

Помимо этого, в программу был добавлен интерфейс, позволяющий врачу загружать и корректировать реальный контур среза тела пациента в соответствии с объемом жировой ткани.

Результатом работы программы является приближенное изображение реального среза тела пациента, полученное деформацией среза из атласа стандартных анатомий по методу упругой пленки.

Программа позволяет врачу построить изображение поперечного среза тела пациента значительно быстрее, чем вручную. Использование данной программы позволит сэкономить деньги на покупке дорогостоящего оборудования, ускорит диагностику заболеваний, а значит – улучшит качество терапии.

Основная задача дипломной работы – создание программного обеспечения, которое позволяет по реальному контуру тела пациента преобразовать срез из атласа стандартных анатомий для получения приблизительной картины реального среза тела пациента – была выполнена.

## Список литературы

1. Зрение человека. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Зрение\\_человека](https://ru.wikipedia.org/wiki/Зрение_человека)
2. Каковы пределы человеческого зрения?  
<http://inosmi.ru/world/20150805/229437128.html>
3. Овсянникова Н. М., Григорьев П.Е., Соколова Т. А., Ческая Т. Ю., Щеголева М. Г., Ислямов Р. И. «Обработка биосигналов. Визуализация медико-биологических данных»
4. V. Breton, K. Dean, T. Solomonides. The Healthgrid White Paper. T. Solomonides, R. McClatchey, V. Breton, Y. Legre, S. Norager. Healthgrid 2005, Apr 2005, Oxford, United Kingdom. Ios Press, pp.249-318, 2005.
5. Медицинские способы «заглянуть внутрь человека».  
<http://femineo.ru/2010/05/medicinskie-sposoby-zaglyanut-vnutr-cheloveka/>
6. Сергеев С. Л., Севрюков С. Ю. Использование метода упругой пленки в программном комплексе построения среза тела пациента // Вестник С.-Петербургского университета. Сер. 10. 2010. Вып. 1. С. 73–79.
7. Объектно-ориентированное программирование.  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Объектно-ориентированное\\_программирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/Объектно-ориентированное_программирование)